



ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
METAL CONSTRUCTIONS**

2022, ТОМ 28, НОМЕР 2, 87–93
УДК 620.179.1(075.8)+620.17(075.8)

(22)-0441-1

ПРОВЕДЕНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ ДОНБАССА

А. Л. Сотников

*ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»,
58, ул. Артёма, г. Донецк, ДНР, 346330.
E-mail: 0713019870@mail.ru*

Получена 27 апреля 2022; принята 27 мая 2022.

Аннотация. Для проведения неразрушающего контроля качества материалов, применяемых на опасных производственных объектах и получения достоверных результатов контроля необходима материально-техническая база, отвечающая современным требованиям. В условиях экстремальной экономики Донбасса такая материально-техническая база может формироваться своими собственными силами исходя из имеющихся технических и производственных возможностей. Определенные наработки в этом вопросе имеет Технопарк «Университетские технологии» при участии Донецкого национального технического университета. Самостоятельное изготовление необходимых вспомогательных инструментов и приспособлений, дефектоскопических материалов – это важный элемент не только профессии дефектоскописта, но и образовательной и научной деятельности, направленных на подготовку квалифицированных специалистов неразрушающего контроля. Такие проекты способствуют расширению технического кругозора, овладению новыми компетенциями и повышению квалификации. В статье кратко рассказывается о проектах последних лет, которые стали симбиозом вышеуказанных трех парадигм. Изыскания коснулись таких методов неразрушающего контроля, как визуальный и измерительный, радиографический, ультразвуковой, вибродиагностический, тепловой, магнитопорошковый и оптический.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, визуальный и измерительный контроль, радиографический контроль, ультразвуковой контроль, вибродиагностический контроль, тепловой контроль, магнитопорошковый контроль, оптический контроль.

ПРОВЕДЕННЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ ЗА УМОВ ЕКСТРЕМАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ ДОНБАСУ

О. Л. Сотников

*ДОНУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»,
58, вул. Артема, м. Донецьк, ДНР, 346330.
E-mail: 0713019870@mail.ru*

Отримана 27 квітня 2022; прийнята 27 травня 2022.

Анотация. Для проведения неразрушающего контроля качества материалов, которые применяются на небезопасных производственных объектах, та отримання достовірних результатів контролю необхідна матеріально-технічна база, що відповідає сучасним вимогам. В умовах екстремальної економіки Донбасу така матеріально-технічна база може формуватися власними силами з наявних технічних і виробничих можливостей. Певні напрацювання з цього питання має Технопарк «Університетські технології» за участю Донецького національного технічного університету. Самостійне виготовлення необхідних допоміжних

інструментів та пристроїв, дефектоскопічних матеріалів – це важливий елемент не лише професії дефектоскопіста, а й освітньої та наукової діяльності, спрямованих на підготовку кваліфікованих спеціалістів неруйнівного контролю. Такі проекти сприяють розширенню технічного кругозору, оволодінню новими компетенціями та підвищенню кваліфікації. У статті коротко розповідається про проекти останніх років, які стали симбіозом вищезгаданих трьох парадигм. Дослідження торкнулися таких методів неруйнівного контролю, як візуальний та вимірювальний, радіографічний, ультразвуковий, вібродіагностичний, тепловий, магнітопорошковий та оптичний.

Ключові слова: неруйнівний контроль, візуальний та вимірювальний контроль, радіографічний контроль, ультразвуковий контроль, вібродіагностичний контроль, тепловий контроль, магнітопорошковий контроль, оптичний контроль.

CONDUCTING NON-DESTRUCTIVE QUALITY CONTROL OF MATERIALS IN THE EXTREME ECONOMY OF DONBASS

Aleksey Sotnikov

Donetsk National Technical University,

58, st. Artema, Donetsk, DPR, 346330

E-mail: 0713019870@mail.ru

Received 27 April 2022; accepted 27 May 2022.

Abstract. To carry out non-destructive quality control of materials used at hazardous production facilities and obtain reliable results of control, a material and technical base that meets modern requirements is required. In the conditions of the extreme economy of Donbass, such a material and technical base can be formed on its own, based on the available technical and production capabilities. Technopark «University Technologies» with the participation of the Donetsk National Technical University has certain achievements in this matter. Self-manufacturing of the necessary auxiliary tools and devices, flaw detection materials is an important element not only of the flaw detector profession, but also of educational and scientific activities aimed at training qualified non-destructive testing specialists. Such projects contribute to the expansion of technical horizons, the acquisition of new competencies and advanced training. The article briefly talks about the projects of recent years, which have become a symbiosis of the above three paradigms. The research concerned such methods of non-destructive testing as visual and measuring, radiographic, ultrasonic, vibration diagnostics, thermal, magnetic particle and optical.

Keywords: non-destructive testing, visual and measurement testing, radiographic testing, ultrasonic testing, vibrodiagnostic testing, thermal testing, magnetic particle testing, optical testing.

За последние 30 лет Донбасс пережил 3 революции и одну гражданскую войну, которая фактически продолжается по настоящее время. Последние 8 лет Донбасс живет и работает в экстремальных условиях. Все эти события, конечно же, не могли не отразиться на экономике региона, благосостоянии промышленности и народа в целом. Экономическая блокада со стороны Украины и не признанность Донецкой и Луганской Народных Республик со стороны других стран мира, делают ситуацию матери-

ально-технического обеспечения любой хозяйственной деятельности, в том числе проведение неразрушающего контроля качества материалов, применяющихся на опасных производственных объектах, крайне сложной. Единственная страна, с которой возможно выстраивание экономических отношений – это Россия.

Исходя из таких условий было сформировано три направления развития материально-технической базы для проведения работ по неразрушающему контролю качества материалов,

применяющихся на опасных производственных объектах базовых отраслей промышленности Донецкого региона:

- 1) приобретение крайне необходимых приборов, инструментов и материалов в России;
- 2) поиск и заимствование, как правило, бывших в употреблении, различных приборов и инструментов в регионе;
- 3) самостоятельное изготовление вспомогательных инструментов, приспособлений и дефектоскопических материалов.

В рамках третьего направления на сегодняшний день специалистам и ученым Технопарка «Университетские технологии» и Донецкого национального технического университета получилось самостоятельно освоить производство по заказам промышленных предприятий Донецкого региона следующих инструментов, приспособлений и материалов для неразрушающего контроля.

Для визуального и измерительного контроля изготавливаются различные измерительные приспособления на основе индикаторов часового типа, предназначенные, например, для измерения глубины подрезов сварных соединений (рис. 1)



Рисунок 1. Внешний вид измерительных приспособлений для измерения глубины подрезов сварных соединений.

и контроля несоосности валов промышленных машин и механизмов.

Для ультразвукового контроля отработаны технологии изготовления настроечных образцов и настроечных мер с зарубками и плоскодонными отверстиями (рис. 2). Образцы и меры могут быть любой геометрической формы и размеров

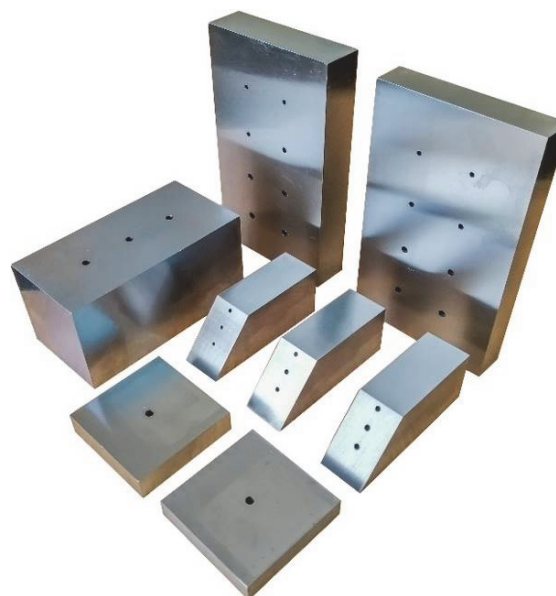


Рисунок 2. Внешний вид настроечных образцов и мер для ультразвукового контроля.

в соответствии с требованиями нормативной документации или технического задания заказчика.

На образцы и меры в установленном порядке оформляются паспорта, в которых приводятся основные параметры искусственных отражателей.

На основе пьезоэлементов типа ЦТС-19 отечественного производства налажено производство наклонных пьезоэлектрических преобразо-



Рисунок 3. Внешний вид пьезоэлектрического преобразователя типа П121-5-70-УТ1.

вателей типа П121-5-70-УТ1 (рис. 3). Метрологические характеристики датчиков (время задержки сигнала в призме, стрела преобразователя и угол ввода луча в контролируемый объект) сопоставимы с промышленными образцами аналогичных преобразователей.

Для магнитного (точнее магнитопорошкового) контроля на основе ряда отечественных магнитных порошков серого и черного цвета, с размером частиц 5 и 30 мкм, соответственно, изготавливаются экспериментальные магнитные суспензии. Проверка работоспособности разработанных магнитных суспензий показала хорошие результаты по выявляемости поверхностных и подповерхностных дефектов контрольного образца МО-1 и МО-2.

Например, приведенная индикация (рис. 4) создана магнитной суспензией серого цвета, которая дает светлый фон в около дефектной зоне, что создает более лучший контраст индикации с фоном поверхности контрольного образца. После взбалтывания суспензии частицы магнитного порошка находятся во взвешенном состоянии намного дольше (от двадцати до сорока минут), чем в суспензиях на основе аналогичных порошков других производителей [1].

Для радиографического контроля была разработана технология изготовления мерных трафаретов для расшифровки радиографических снимков (точнее, измерения и оценки размеров несплошностей на снимках) (рис. 5) [2].

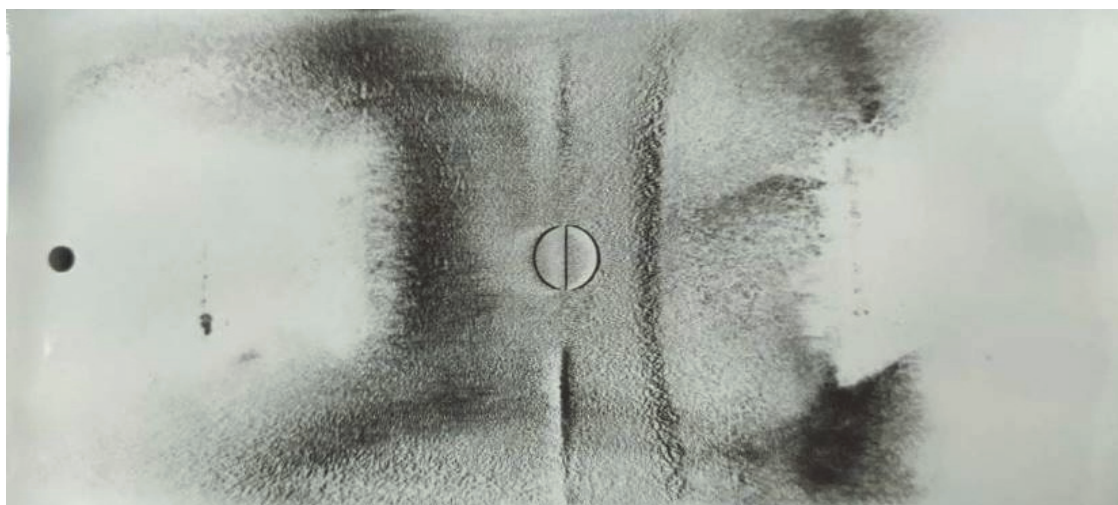


Рисунок 4. Пример выявляемости дефектов контрольного образца МО-1 с помощью экспериментальной магнитной суспензии.



Рисунок 5. Расшифровка радиографических снимков с помощью негатоскопа и мерного трафарета.

Для вибродиагностического контроля изготавливаются классические технические стетоскопы с целью прослушивания шумов подшипниковых узлов (рис. 6) и измерительные системы для виброметрии на базе контроллеров.

Для теплового контроля изготавливаются калибраторы температуры на базе моделей абсолютно черных тел.

Для оптического контроля изготавливаются различные конструкции измерительных вешок и призм с целью совместного использования с электронными тахеометрами для контроля положения и выставки крупногабаритных металлоконструкций и промышленного оборудования (рис. 7) [3–6].

Для контроля напряженно-деформированного состояния изготавливаются устройства для тарировки тензорезисторных датчиков и измерительные системы для тензометрии (рис. 8) на базе аналогово-цифровых преобразователей [7–9].

Таким образом, развитие материально-технической базы для проведения неразрушаю-

щего контроля качества материалов, применяемых на опасных производственных объектах, может быть непрерывным и поступательным, даже несмотря на условия экстремальной экономики.



Рисунок 6. Внешний вид технических стетоскопов.



Рисунок 7. Контроль положения оборудования машины непрерывного литья заготовок с помощью измерительных приспособлений и электронного тахеометра.



Рисунок 8. Внешний вид шпильки М36×4×390 с наклеенными тензорезисторными датчиками.

Самостоятельное изготовление необходимых вспомогательных инструментов и приспособлений, дефектоскопических материалов – это важный элемент не только профессии дефектоскописта, но и образовательной и научной деятель-

ности, направленных на подготовку квалифицированных специалистов неразрушающего контроля [10]. Такие проекты способствуют расширению технического кругозора, овладению новыми компетенциями и повышению квалификации.

Литература

1. Бубела, А. И. Влияние различных факторов на чувствительность магнитопорошкового контроля / А. И. Бубела, К. Ю. Бабак. – Текст : непосредственный // Главный механик. – 2022. – № 1. – С. 8–14.
2. Бабак, К. Ю. Вспомогательный инструмент для радиографического (рентгенографического) контроля опасных производственных объектов. – Текст : непосредственный // Сборник трудов по неразрушающему контролю «Дефектоскопист – 2021» к 100-летию юбилею Донецкого национального технического университета. – Донецк : Технопарк «Университетские технологии», 2021. – С. 67–69.
3. Могильный, С. Г. Геодезические работы при проверке соосности оборудования машины непрерывного литья заготовок / С. Г. Могильный, А. А. Шоломицкий, А. Л. Сотников. – Текст : непосредственный // Металлургические процессы и оборудование. – 2009. – № 2(16). – С. 19–27.
4. Sotnikov, A. L. Study of the Principles for Ensuring the Accuracy of CCM Design Parameters / A. L. Sotnikov, A. A. Sholomitskii, S. M. Strichenko. – Текст : непосредственный // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – № 969. – P. 1–8.
5. Mogilny S. G. Technical Audit of Rotary Aggregates / S. G. Mogilny, A. A. Sholomitskii, A. L. Sotnikov. – Текст : непосредственный // Proceedings : 5th International Conference on Industrial Engineering (Sochi, 25–29 March, 2019). – Volume 2. – Series: Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Switzerland AG : Springer International Publishing, 2019. – P. 541–549.
6. Sholomitskii, A. Position Control and Alignment of the CCM Equipment / A. Sholomitskii, A. Sotnikov. – Текст : непосредственный // Materials Science Forum. – 2019. – Volume 946. – P. 644–649.
7. Сотников, А. Л. Анализ силового нагружения шарниров и опор механизма качания кристаллизатора сортовой МНЛЗ / А. Л. Сотников, Н. А. Родионов, С. В. Птуха. – Текст : непосредственный // Metallurg. – 2014. – № 10. – С. 51–56.
8. Sotnikov, A. L. Analysis Of Mechanical Loading of the Hinges and Supports of the Mold Vibration Mechanism on a Continuous Caster / A. L. Sotnikov, N. A. Rodionov, S. V. Ptukha. – Текст : непосредственный // Metallurgist. – 2015. – Volume 58, Issue 9. – P. 883–891.

References

1. Bubela, A. I.; Babak, K. Yu. Influence of Various Factors on the Sensitivity of Magnetic Particle Inspection. – Text : direct. – In: *Chief Mechanic*. – 2022. – № 1. – P. 8–14. (in Russian)
2. Babak, K. Yu. Auxiliary tool for radiographic (X-ray) control of hazardous production facilities. – Text : direct. – In: *Collection of works on non-destructive testing «Defectoscopist – 2021» for the 100-th anniversary of the Donetsk National Technical University*. – Donetsk : Technopark «University technologies», 2021. – P. 67–69. (in Russian)
3. Mogilnyi, S. G.; Sholomitskii, A. A.; Sotnikov, A. L. Geodetic work when checking the alignment of the equipment of a continuous casting machine. – Text : direct. – In: *Metallurgical processes and equipment*. – 2009. – № 2(16). – P. 19–27. (in Russian)
4. Sotnikov, A. L.; Sholomitskii, A. A.; Strichenko, S. M. Study of the Principles for Ensuring the Accuracy of CCM Design Parameters. – Text : direct. – In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2020. – № 969. – P. 1–8. (in English)
5. Mogilny S. G.; Sholomitskii, A. A.; Sotnikov, A. L. Technical Audit of Rotary Aggregates. – Text : direct. – In: *Proceedings : 5th International Conference on Industrial Engineering*. – Volume 2. – Series: Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Switzerland AG : Springer International Publishing, 2019. – P. 541–549. (in English)
6. Sholomitskii, A.; Sotnikov, A. Position Control and Alignment of the CCM Equipment. – Text : direct. – In: *Materials Science Forum*. – 2019. – Volume 946. – P. 644–649. (in English)
7. Sotnikov, A. L.; Rodionov, N. A.; Ptukha, S. V. Analysis of Force Loading of Hinges and Supports of the Roll Caster Mold Swing Mechanism. – Text : direct. – In: *Metallurgist*. – 2014. – № 10. – P. 51–56. (in Russian)
8. Sotnikov, A. L.; Rodionov, N. A.; Ptukha, S. V. Analysis Of Mechanical Loading of the Hinges and Supports of the Mold Vibration Mechanism on a Continuous Caster. – Text : direct. – In: *Metallurgist*. – 2015. – Volume 58, Issue 9. – P. 883–891. (in English)
9. Sotnikov A. Strength and Durability Study of CCM Mold Oscillation Mechanism in Different Operating Modes / A. Sotnikov, A. Olshevsky, A. Sholomitskii. – Text : direct. – In: *Proceedings : 6th International Conference on Industrial Engineering*. – Series: Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Luxembourg : Springer Science+Business Media B. V. – P. 537–547. (in English)

9. Sotnikov A. Strength and Durability Study of CCM Mold Oscillation Mechanism in Different Operating Modes / A. Sotnikov, A. Olshevsky, A. Sholomitskii. – Текст : непосредственный // Proceedings : 6th International Conference on Industrial Engineering (Chelyabinsk, 18–22 May 2020). – Series: Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Luxembourg : Springer Science+Business Media B. V. – P. 537–547.
10. Сотников, А. Л. Подготовка специалистов неразрушающего контроля и испытательных лабораторий / А. Л. Сотников. – Текст непосредственный // Главный механик. – 2019. – № 12. – С. 52–57.
10. Sotnikov, A. L. Training of non-destructive testing specialists and testing laboratories. – Text : direct. – In: *Chief mechanical engineer*. – 2019. – № 12. – P. 52–57. (in Russian)

Сотников Алексей Леонидович – доктор технических наук, доцент; профессор кафедры механического оборудования заводов черной металлургии ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: разработка ресурсосберегающих технологий и оборудования для упрочняющей деформационно-термической обработки металлических изделий с использованием металлогенетической наследственности и различных способов формоизменения, разработка новых технологий и оборудования для упрочняющих обработок металлопроката, инструмента и деталей.

Сотніков Олексій Леонідович – доктор технічних наук, доцент; професор кафедри механічного обладнання заводів чорної металургії ДОНУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: розробка ресурсозберігаючих технологій і устаткування для зміцнюючого деформаційно-термічного оброблення металевих виробів з використанням металогенетичної спадковості і різних способів формозміни, розробка нових технологій і обладнання для зміцнюючого оброблення металопрокату, інструменту та деталей.

Sotnikov Aleksey – D. Sc. (Eng.), Associate Professor; Professor Mechanical Equipment of Ferrous Metallurgy Plants Department, Donetsk National Technical University. Scientific interests: development of resource-saving technologies and equipment for hardening deformation-heat treatment of metal products using metal-genetic heredity and various forms of change, development of new technologies and equipment for hardening processing of metal, tools and parts.